

6

Estudo de Casos e Resultados

6.1

Previsão da Volatilidade por Redes Neurais Artificiais

Para a avaliação do modelo proposto, foram feitos testes para analisar o resultado da rede neural como instrumento para prever a volatilidade de ativos financeiros. Esses testes foram feitos para o período de 10/03/2009 a 30/07/2010, consistindo de 8.484 amostras²⁰.

Foi estabelecida uma comparação entre o valor previsto e o realizado, tomando-se como parâmetro o Erro Quadrado Médio (EQM) demonstrado na Eq. (41), como forma de comparar os diferentes modelos de previsão e o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE), Eq. (42) como forma de avaliar a previsão.

$$EQM = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - P_i)^2}{n} \quad \text{Eq. (41)}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{(R_i - P_i)}{R_i} \right|}{n} \quad \text{Eq. (42)}$$

Onde, R_i é o valor da volatilidade realizada no mercado para a amostra i . P_i é a volatilidade prevista para a amostra i e n é o número de amostras analisadas.

Na Tabela 3 podem ser vistos os resultados dos testes da rede “RNA Múltiplos Ativos”, treinada com os vinte e sete ativos descritos na seção 3.1 mais o IBOVESPA. O GARCH mostrou os melhores resultados pela métrica EQM, já o EWMA foi o melhor na medida MAPE, ficando a RNA com segundo melhor resultado em ambas as medidas.

²⁰8.484 amostras correspondendo a 27 ativos mais o IBOVESPA em todos os dias úteis compreendidos no período de 10/03/2009 a 30/07/2010.

Tabela 3 – Resultados da RNA para Múltiplos Ativos na previsão da volatilidade futura

RNA Múltiplos Ativos			
	RNA	EWMA	GARCH
EQM	0,01455	0,01562	0,01381
MAPE	32,90%	32,42%	36,33%

Para melhor exemplificar os resultados, tem-se na Tabela 4 um estudo de caso realizado com uma amostra do ativo AMBV4²¹ na data 24/06/2010, testada com a “RNA de Múltiplos Ativos”. O objetivo desse estudo de caso foi prever a volatilidade desse ativo. Na Figura 32 se pode ver uma representação gráfica do cone de volatilidade utilizado nesse estudo de caso.

Tabela 4 – Estudo de caso: previsão de volatilidade com AMBV4

Variáveis de Entrada da RNA		Resultados da Rede	
Período 1 Max	0,3855	Saída (Previsão)	0,2558
Período 1 Med	0,1829	Resultado Real	0,234
Período 1 Min	0,0943	MAPE	9,32%
Período 2 Max	0,3299		
Período 2 Med	0,2065		
Período 2 Min	0,1331		
Período 3 Max	0,3163		
Período 3 Med	0,1865		
Período 3 Min	0,1449		
Período 4 Max	0,297		
Período 4 Med	0,2073		
Período 4 Min	0,1602		
Vol d-0	0,1638		
Vol d-1	0,0977		
Vol d-2	0,1039		
Vol d-3	0,1062		
Vol d-4	0,0943		
Vol d-5	0,1251		
Vol d-6	0,1762		
Vol d-7	0,1737		
Previsão por EWMA	0,1788	(Erro de 23,59%)	
Previsão por GARCH	0,2864	(Erro de 22,39%)	
Dias Uteis / 252:	15/252 = 0,0595		

²¹ AMBV4 são ações preferenciais da empresa Ambev.

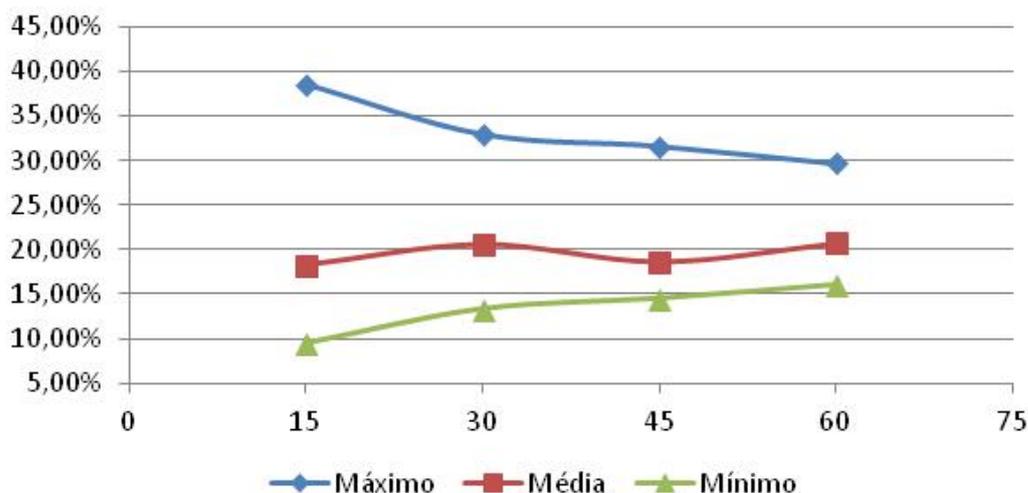


Figura 32 – Representação Gráfica do Cone de Volatilidade utilizado como entrada no Estudo de Caso

Na Tabela 5 podem ser vistos os resultados dos testes da rede “RNA de VALE5”, treinada e testada somente para este ativo específico. Vemos que a RNA foi a técnica que apresentou melhores resultados em ambas as métricas.

Tabela 5 – Resultados da RNA de VALE5 na previsão da volatilidade futura

RNA de VALE5			
	RNA	EWMA	GARCH
EQM	0,0130	0,0152	0,0143
MAPE	29,72%	32,19%	35,47%

Os resultados de ambas as Redes Neurais Artificiais foram melhores que os resultados da regressão polinomial quando testada no mesmo período que foram: EQM=0,0252, e MAPE=0,4379.

6.2

Otimização de Carteiras/Estratégias com Opções Financeiras por Algoritmos Genéticos

Para a avaliação do modelo proposto, foram feitos diversos testes e estudos de caso para analisar o resultado dos Algoritmos Genéticos como instrumento de otimização de carteiras com opções financeiras. Foram analisadas três funções-objetivo selecionadas. A seguir são apresentados dois estudos de caso realizados

sem contabilizar os custos operacionais e um estudo de caso contabilizando os custos operacionais. Para cada uma das funções-objetivo efetuou-se a otimização da carteira para achar uma carteira ótima, ou quase-ótima, e comparou-se os resultados com três estratégias comumente utilizadas no mercado financeiro.

6.2.1

Estudo de Caso 1 – Sem custos operacionais

O primeiro estudo de caso (Tabela 6) foi realizado com VALE5 ao preço de 43,00 em um determinado dia de negociação. Utilizou-se opções deste ativo com vinte dias úteis para o vencimento, listadas na Tabela 6. A volatilidade ao ano prevista é de 23,5% para este ativo, o percentual máximo de oscilação do preço do ativo considerado para a avaliação das carteiras é de 19,86% (equivalente a 3 desvios padrão) para cada lado da média²² da distribuição normal. O CDI no período considerado é de 0,903%.

Tabela 6 – Cenário de Mercado do Estudo de Caso 1

Cenário do Estudo de Caso 1	
Ativo	VALE5
Preço Atual	43,00
Dias Úteis até o Exercício	20
CDI ao ano	12,00%
CDI no Período	0,903%
Preço Futuro (média da distribuição)	43,39
Volatilidade a.a. Prevista	23,50%
Percentual Oscilação Máx (3desv)	19,86%

²² Onde a média da distribuição normal é o preço atual do ativo projetado vinte dias a frente pela taxa livre de risco de 12% ao ano.

Tabela 7 – Lista de opções Disponíveis para a elaboração da carteira no Estudo de Caso 1.

Lista de opções Disponíveis para a elaboração da carteira

Tipo	Strike	Tipo	Strike
CALL	34,00	PUT	34,00
CALL	35,00	PUT	35,00
CALL	36,00	PUT	36,00
CALL	37,00	PUT	37,00
CALL	38,00	PUT	38,00
CALL	39,00	PUT	39,00
CALL	40,00	PUT	40,00
CALL	41,00	PUT	41,00
CALL	42,00	PUT	42,00
CALL	43,00	PUT	43,00
CALL	44,00	PUT	44,00
CALL	45,00	PUT	45,00
CALL	46,00	PUT	46,00
CALL	47,00	PUT	47,00
CALL	48,00	PUT	48,00
CALL	49,00	PUT	49,00
CALL	50,00	PUT	50,00
CALL	51,00	PUT	51,00
CALL	52,00	PUT	52,00

6.2.1.1

Função Probabilidade Máxima

A carteira representada pelas opções da Tabela 8 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Probabilidade Máxima, com valor de 0,9954 na função-objetivo. A Figura 33 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que para uma pequena faixa de oscilação do ativo acima de R\$50,90 a carteira apresenta prejuízo financeiro. Na área central entre R\$38,00 e R\$50,90, preços com maior possibilidade de serem realizados no vencimento, a carteira obtém lucro um pouco maior que o CDI e abaixo de R\$38,00 a carteira obtém grandes lucros que dependerão do preço do ativo no vencimento.

Tabela 8 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Probabilidade Máxima

Melhor Resultado: Função objetivo=0,9954

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
37,00	PUT	V	9
37,00	PUT	V	7
37,00	PUT	V	6
38,00	PUT	C	10
38,00	PUT	C	6
51,00	CALL	V	8
51,00	CALL	V	6
ATIVO			0

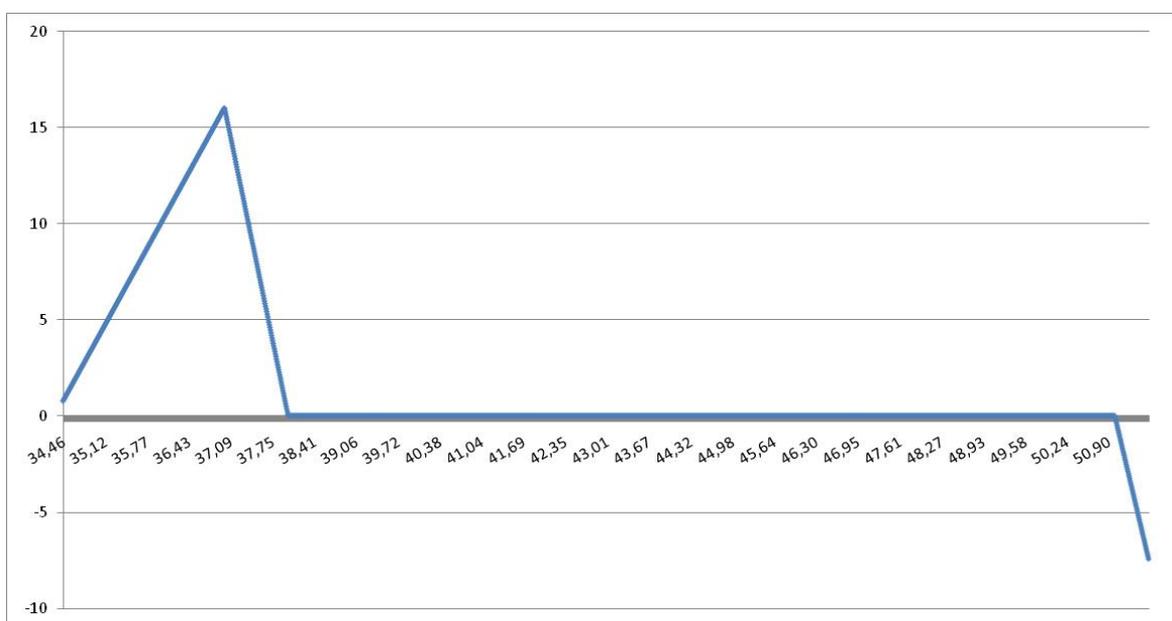


Figura 33 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Probabilidade Máxima no estudo de caso 1.

A seguir são apresentados os resultados de três estratégias comuns no mercado para construção de carteiras com opções, com a finalidade de compará-las com a carteira ótima obtida com o modelo proposto.

Foi construída uma carteira com a estratégia denominada “borboleta” que consiste na compra de uma opção, venda de outra opção com preço de exercício acima e compra de uma terceira opção com preço de exercício acima da primeira e da segunda, na proporção das quantidades: 1 da primeira pra 2 da segunda pra 1 da terceira. O objetivo dessa carteira é apostar que o ativo não venha ter grandes

oscilações e se encontre no vencimento entre o strike da primeira e o strike da segunda opção, porem limitando as perdas caso a estratégias não seja bem sucedida. A Carteira Borboleta (Tabela 9 e Figura 34) obteve resultado de 0,4857. Como pode ser vista na Figura 34 esta carteira obtém lucro quando o ativo se encontra entre aproximadamente R\$42,00 e R\$46,00 na data de vencimento, com prejuízo em qualquer outro preço.

Tabela 9 – Carteira Borboleta

Borboleta: Função objetivo=0,4857

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
41,00	CALL	C	1
44,00	CALL	V	2
47,00	CALL	C	1
ATIVO			0

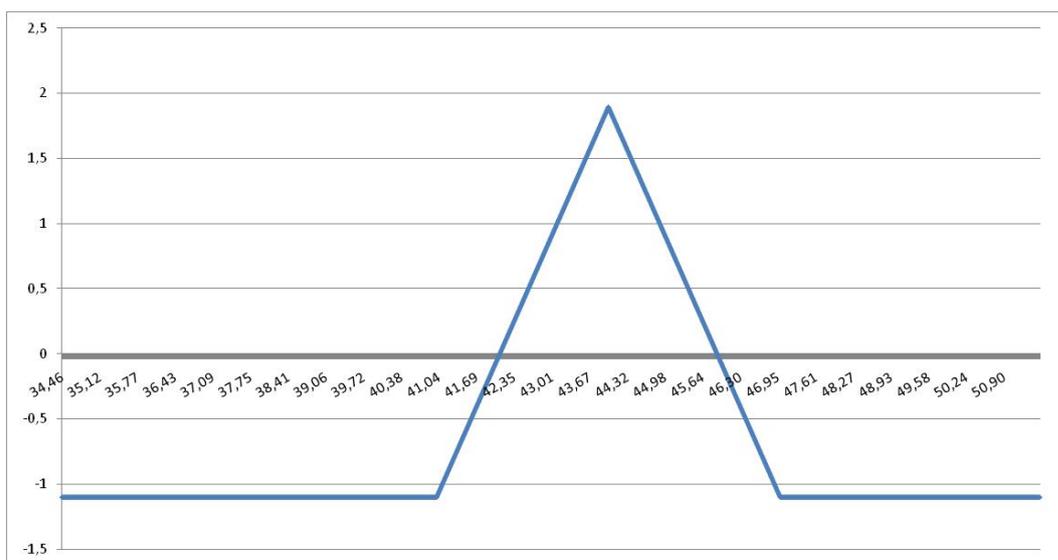


Figura 34 – Representação gráfica da Carteira Borboleta no estudo de caso 1

Foi construída também uma carteira com a estratégia denominada “trava de alta” que consiste na compra de uma opção e venda de outra opção com preço de exercício acima da primeira, nas mesmas quantidades. O objetivo desta carteira é apostar em uma valorização do preço do ativo, porem limitando as possíveis perdas obtendo lucro se o ativo se encontrar acima do strike da segunda opção. A Carteira Trava de Alta (Tabela 10 e Figura 35) obteve resultado de 0,7350. Como

pode ser vista na Figura 35 esta carteira obtém lucro quando o ativo se encontra acima de R\$42,60 aproximadamente e prejuízo abaixo deste preço.

Tabela 10 – Carteira Trava de Alta

Trava de Alta: Função objetivo=0,7350

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
40,00	CALL	C	1
42,00	CALL	V	1
ATIVO		-	0

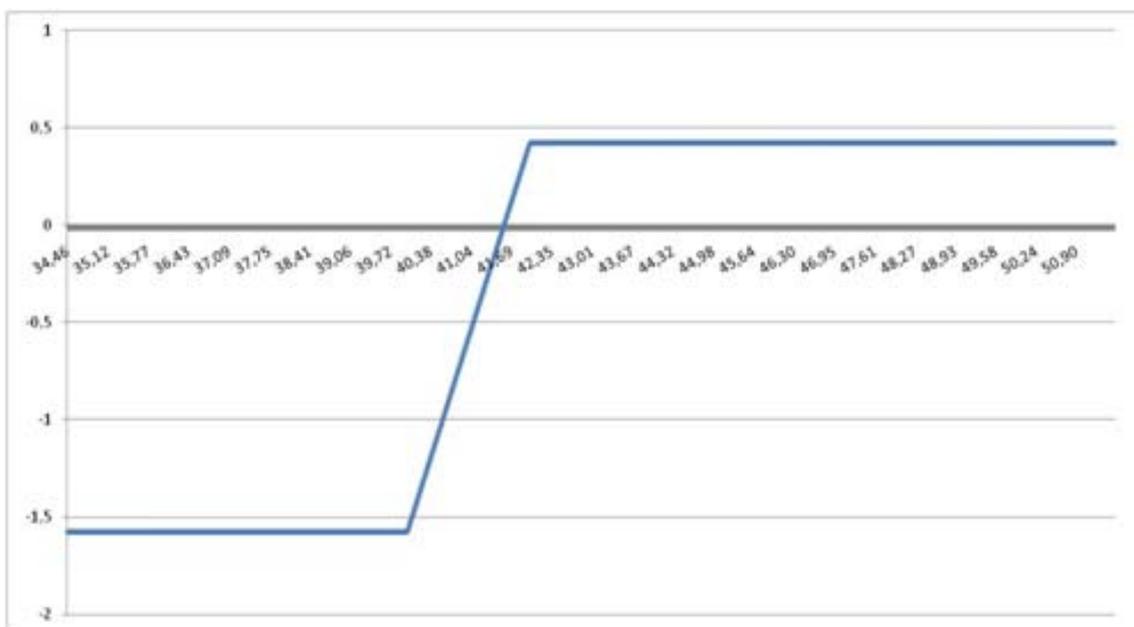


Figura 35 – Representação Gráfica da Carteira Trava de Alta no estudo de caso 1.

Foi construída também uma carteira com a estratégia denominada “condor” que consiste na compra de uma opção, venda de outra opção com preço de exercício acima da primeira, venda de uma terceira opção com preço de exercício acima da segunda e compra de uma quarta opção com preço de exercício acima da três anteriores, nas mesmas quantidades. O objetivo dessa carteira é apostar que o ativo não venha a ter grandes oscilações e se encontre no vencimento entre o strike da segunda e o strike da terceira opção, porém limitando as perdas caso a estratégia não seja bem sucedida. A Carteira Condor (Tabela 11 e Figura 36) obteve resultado de 0,6378. Como pode ser vista na Figura 36 esta carteira obtém lucro quando o ativo se encontra entre aproximadamente R\$40,40 e R\$45,70 na data de vencimento, com prejuízo em qualquer outro preço.

Tabela 11 – Carteira Condor

Condor: Função objetivo=0,6378

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
39,00	CALL	C	1
41,00	CALL	V	1
45,00	CALL	V	1
47,00	CALL	C	1
ATIVO		-	0

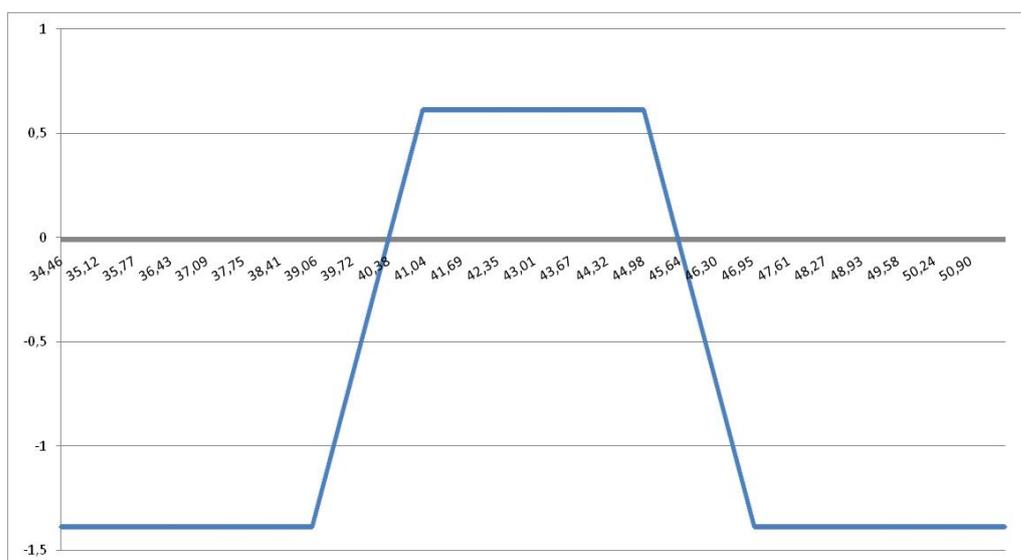


Figura 36 – Representação gráfica da Carteira Condor no estudo de caso 1.

Na Tabela 12 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 1.

Tabela 12 – Resumo dos Resultados da Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 1

Estudo de Caso 1	Função Probabilidade Máxima
Carteira Ótima	0,9954
Carteira Borboleta	0,4857
Carteira Trava de Alta	0,7350
Carteira Condor	0,6378

6.2.1.2

Função Área Total

Utilizando como objetivo a função denominada Função Área Total, a carteira com melhor resultado encontrada na otimização é a descrita na Tabela 13, que obteve resultado igual a 126,0847. A Figura 37 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação do preço do ativo. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que para uma pequena faixa de oscilação entre R\$39,00 e R\$41,00 a carteira apresenta prejuízo financeiro. Para valores acima de R\$41,00 a carteira obtém resultado levemente acima do CDI e para valores abaixo de R\$39,00 a carteira obtém lucro altíssimo quanto menor o preço do ativo no vencimento.

Tabela 13 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Área Total

Melhor Resultado: Função objetivo=126,0847

Decodificação do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
37,00	CALL	C	4
37,00	PUT	C	10
38,00	PUT	C	9
39,00	CALL	V	1
40,00	PUT	C	9
41,00	CALL	V	7
41,00	CALL	C	1
41,00	PUT	C	1
	ATIVO	C	3

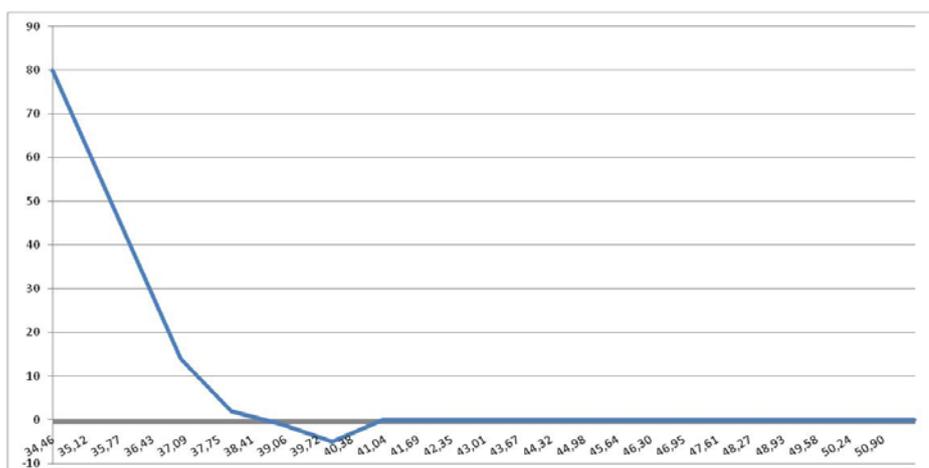


Figura 37 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Área Total no estudo de caso 1

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação. Os gráficos são idênticos já que o cenário de mercado não foi alterado. A borboleta obteve resultado de 0,2560, a trava de alta obteve resultado de 1,1686 e o condor obteve um resultado de 0,3501.

Na Tabela 14 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Área Total no Estudo de Caso 1.

Tabela 14 – Resumo dos Resultados da Função Área Total no Estudo de Caso 1

Estudo de Caso 1	Função Área Total
Carteira Ótima	126,0847
Carteira Borboleta	0,2560
Carteira Trava de Alta	1,1686
Carteira Condor	0,3501

6.2.1.3

Função Omega

Utilizando como objetivo a função denominada Função Omega, a carteira com melhor resultado encontrada na otimização é a descrita na Tabela 15, que obteve resultado igual a 2.903,26. A Figura 38 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação do preço do ativo. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Somente próximo ao limite máximo de alta a carteira apresenta um pequeno prejuízo, oscilando entre grandes lucros e resultados levemente superiores ao CDI no restante do gráfico.

Tabela 15 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Omega

Melhor Resultado: Função objetivo=2.903,26

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
51,00	CALL	V	10
51,00	CALL	V	10
51,00	CALL	V	8
50,00	CALL	C	8
50,00	CALL	C	1
38,00	PUT	C	10
38,00	PUT	C	4
37,00	CALL	V	9
37,00	PUT	V	10
36,00	CALL	C	9
	ATIVO	-	0

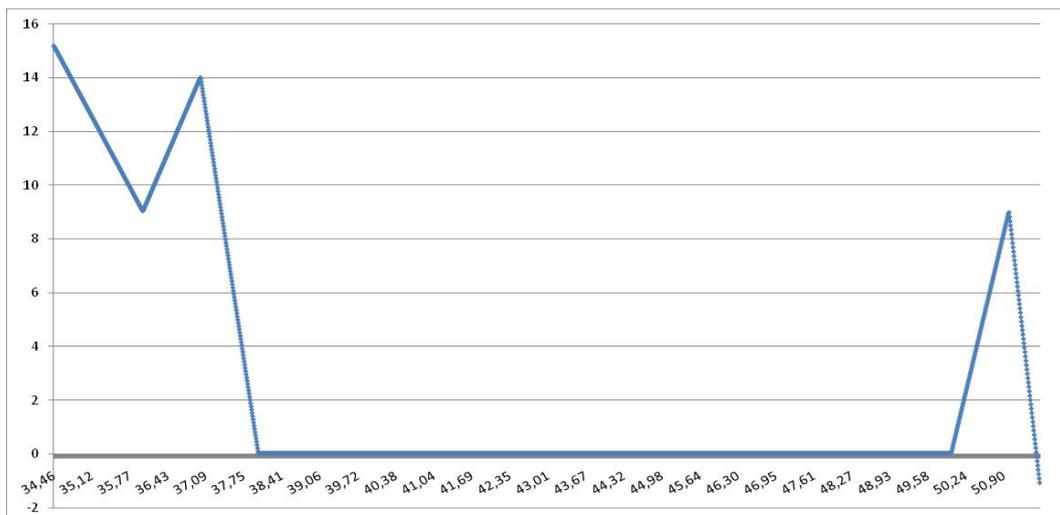


Figura 38 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Omega no estudo de caso 1.

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação. Os gráficos são idênticos já que o cenário de mercado não foi alterado. A borboleta obteve resultado de 1,0847, a trava de alta obteve resultado de 1,0504 e o condor obteve um resultado de 1,0281.

Na Tabela 16 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Omega no Estudo de Caso 1.

Tabela 16 – Resumo dos Resultados da Função Omega no Estudo de Caso 1

Estudo de Caso 1	Função Omega
Carteira Ótima	2.903,26
Carteira Borboleta	1,0847
Carteira Trava de Alta	1,0504
Carteira Condor	1,0281

6.2.2

Estudo de Caso 2 – Sem custos operacionais

O segundo estudo de caso, representado na Tabela 17, também foi realizado com VALE5, cotada a R\$43,00 em um dado dia de negociação. Utilizou-se opções deste ativo com quinze dias úteis para o vencimento, as mesmas séries de opções listadas na Tabela 7. A volatilidade ao ano prevista é de 20,0% para este ativo, o percentual máximo de oscilação considerado para a avaliação das carteiras é de 14,64% (equivalente a 3 desvios padrão) para cada lado da média da

distribuição normal. O CDI ao ano é de 12% que corresponde a uma taxa de 0,677% no período.

Tabela 17 – Cenário de Mercado do Estudo de Caso 2

Cenário do Estudo de Caso 2	
Ativo	VALE5
Preço Atual	43,00
Dias Úteis até o Exercício	15
CDI ao ano	12,00%
CDI no Período	0,677%
Preço Futuro (Média da distribuição)	43,29
Volatilidade a.a. Prevista	20,00%
Percentual Oscilação Máx (3desv)	14,64%

6.2.2.1

Função Probabilidade Máxima

A carteira representada pelas opções da Tabela 18 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Probabilidade Máxima, com valor de 0,9530 na função-objetivo. A Figura 39 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que para uma pequena faixa de oscilação do preço do ativo entre R\$38,70 e R\$40,00 a carteira apresenta prejuízo. Para preços acima de R\$40,00 a carteira apresenta resultados levemente superiores ao CDI e para valores abaixo de R\$38,70 a carteira apresenta grandes lucros.

Tabela 18 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Probabilidade Máxima

Melhor Resultado: Função objetivo=0,9530

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
38,00	CALL	V	8
39,00	CALL	C	8
39,00	CALL	C	6
39,00	PUT	C	10
40,00	CALL	V	6
	ATIVO	-	0

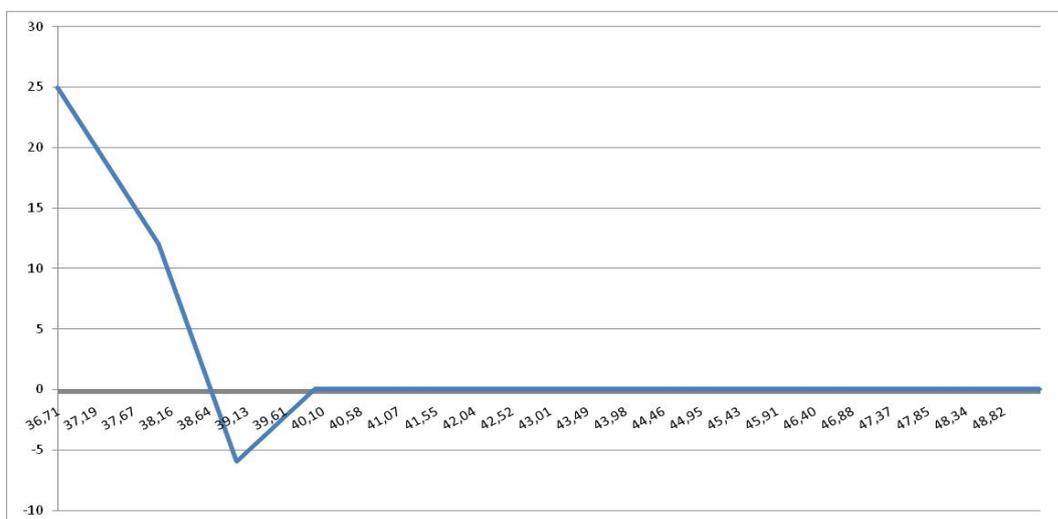


Figura 39 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Omega no estudo de caso 2 (sem custos).

A seguir são apresentados os resultados de três estratégias comuns no mercado para construção de carteiras com opções, com a finalidade de compará-las com a carteira ótima obtida com o modelo proposto.

Foi construída uma carteira com a estratégia borboleta, explicada na seção 5.2.1.1 e exemplificada pela Tabela 19 e pela Figura 40, que obteve resultado de 0,5537. Como podemos ver nesta figura a Carteira Borboleta obtém lucro com o ativo entre R\$42,00 e R\$46,30 e prejuízo em qualquer outro preço fora dessa faixa.

Tabela 19 – Carteira Borboleta

Borboleta: Função objetivo=0,5537

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
41,00	CALL	1	1
44,00	CALL	-1	2
47,00	CALL	1	1
ATIVO		-	0

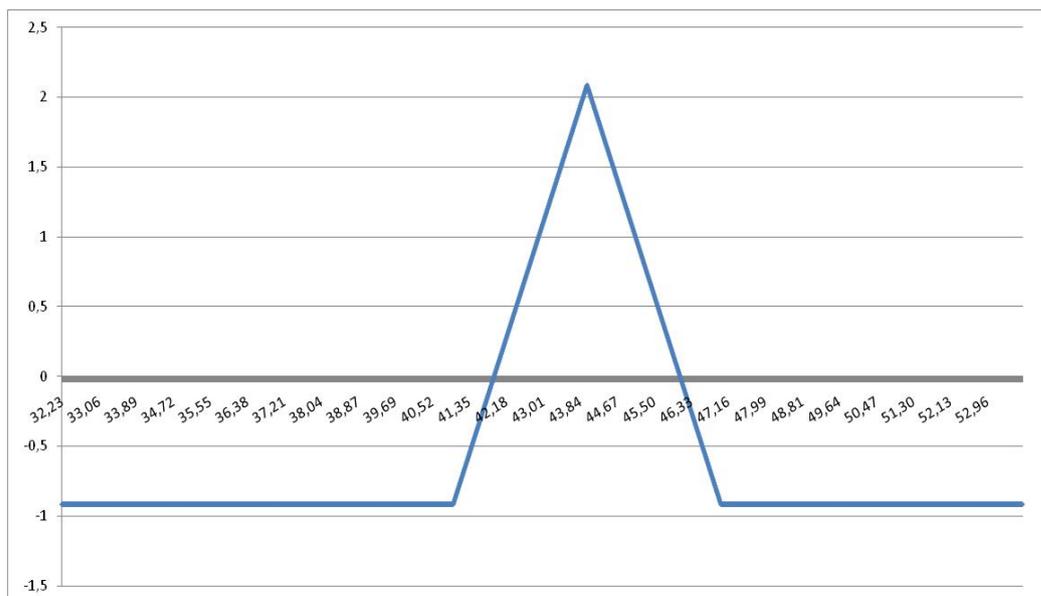


Figura 40 – Representação gráfica da carteira “Borboleta” no estudo de caso 2.

Foi construída também uma carteira com a estratégia trava de alta, explicada na seção 5.2.2.1 e exemplificada pela Tabela 20 e pela Figura 41, que obteve resultado de 0,7724. Como podemos ver nesta figura a Carteira Trava de Alta obtém lucro para preços do ativo acima de R\$41,50 e prejuízo em qualquer outro preço do ativo no vencimento.

Tabela 20 – Carteira Trava de Alta

Trava de Alta: Função objetivo=0,7724

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
40,00	CALL	1	1
42,00	CALL	-1	1
ATIVO		-	0

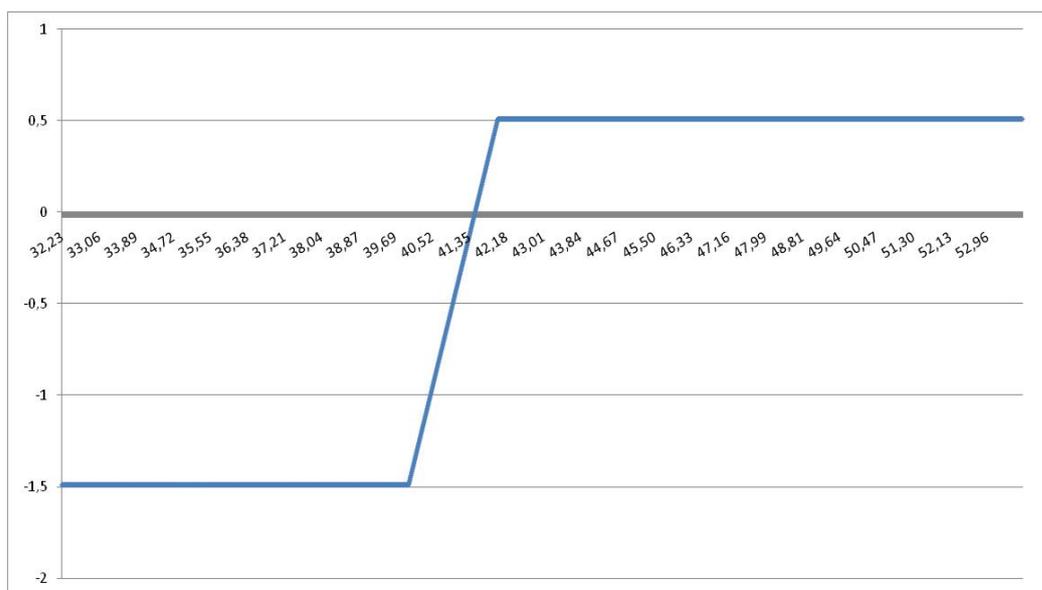


Figura 41 – Representação Gráfica da carteira “Trava de Alta” no estudo de caso 2.

Foi construída também uma carteira com a estratégia condor, explicada na seção 5.2.2.1 e exemplificada pela Tabela 21 e pela Figura 42, que obteve resultado de 0,7317. Como podemos ver nesta figura a Carteira Condor obtém lucro para preços do ativo entre R\$40,10 e R\$46,20 e prejuízo em qualquer outro preço do ativo no vencimento.

Tabela 21 – Carteira Condor

Condor: Função objetivo=0,7317

Representação da Estratégia			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
39,00	CALL	1	1
41,00	CALL	-1	1
45,00	CALL	-1	1
47,00	CALL	1	1
	ATIVO	-	0

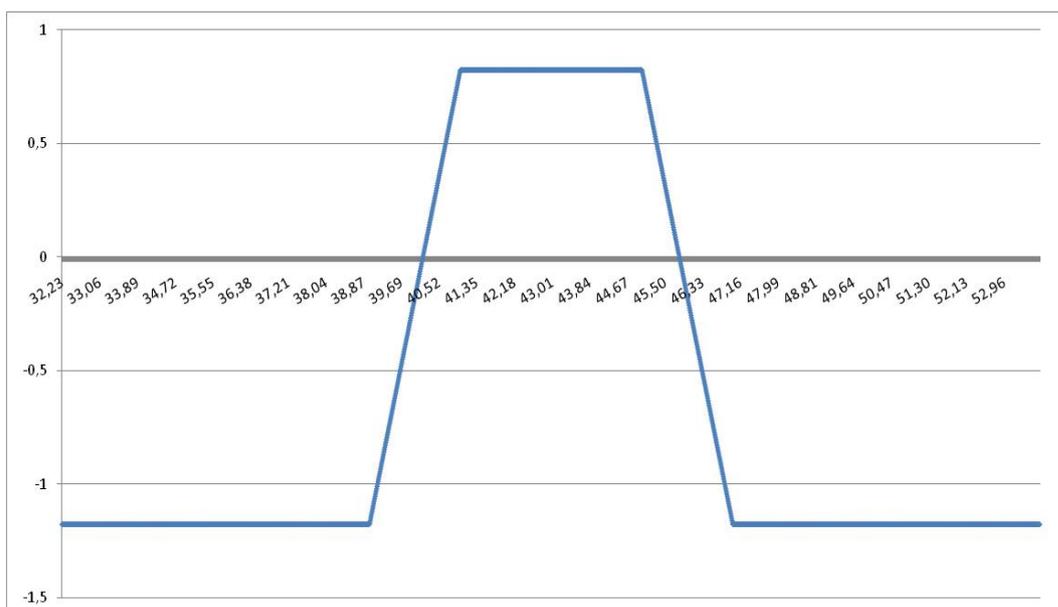


Figura 42 – Representação gráfica da carteira “Condor” no estudo de caso 2.

Na Tabela 22 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais.

Tabela 22 – Resumo dos Resultados da Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais

Estudo de Caso 2 – sem custos	Função Probabilidade Máxima
Carteira Ótima	0,9530
Carteira Borboleta	0,5537
Carteira Trava de Alta	0,7724
Carteira Condor	0,7317

6.2.2.2

Função Área Total

A carteira representada pelas opções da Tabela 23 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Área Total, com valor de 109,8755 na função-objetivo. A Figura 43 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que para uma pequena faixa de oscilação do ativo entre R\$39,60 e R\$42,00 a carteira apresenta um pequeno prejuízo financeiro. Para preços acima de R\$42,00 a carteira obtém lucros

levemente superiores ao CDI e para valores abaixo de R\$39,60 a carteira obtém grandes lucros que dependerão do preço do ativo no vencimento.

Tabela 23 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Área Total

Melhor Resultado: Função objetivo=109,8755

Decodificação do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
41,00	PUT	C	6
42,00	CALL	V	7
42,00	CALL	C	4
42,00	CALL	V	1
51,00	PUT	V	1
	ATIVO	C	3

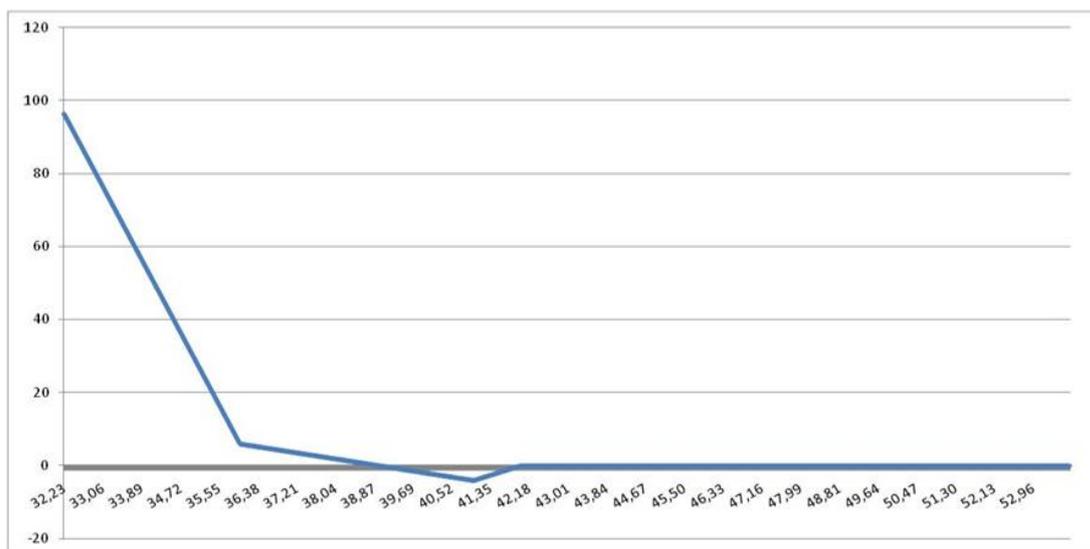


Figura 43 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Área Total no estudo de caso 2 (sem custos).

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação. Os gráficos são idênticos já que o cenário de mercado não foi alterado. A borboleta obteve resultado de 0,2761, a trava de alta obteve resultado de 1,0876 e o condor obteve um resultado de 0,4089.

Na Tabela 24 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Área Total no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais.

Tabela 24 – Resumo dos Resultados da Função Área Total no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais

Estudo de Caso 2 – sem custos	Função Área Total
Carteira Ótima	109,8755
Carteira Borboleta	0,2761
Carteira Trava de Alta	1,0876
Carteira Condor	0,4089

6.2.2.3

Função Omega

A carteira representada pelas opções da Tabela 25 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Omega, com valor de 2.478,11 na função-objetivo. A Figura 44 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que em nenhum momento a carteira apresenta prejuízos. Para valores do ativo acima de R\$40,00 a carteira apresenta resultados levemente superiores ao CDI e para valores abaixo desse preço a carteira apresenta grandes lucros.

Tabela 25 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Omega

Melhor Resultado: Função objetivo=2.478,11

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
35,00	CALL	V	9
35,00	CALL	V	10
38,00	CALL	V	1
39,00	CALL	C	10
40,00	PUT	C	2
50,00	PUT	C	10
51,00	PUT	V	9
51,00	PUT	V	6
	ATIVO	C	5

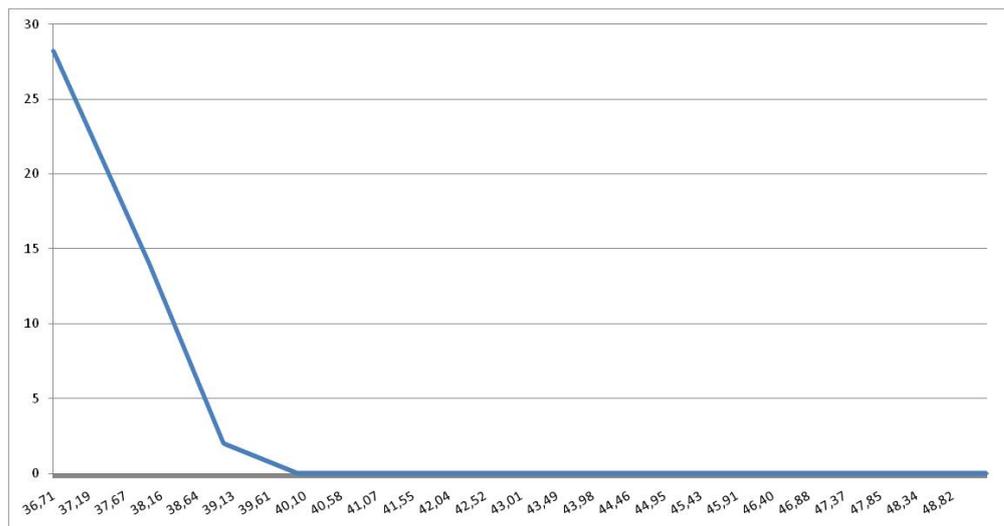


Figura 44 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Omega no estudo de caso 2 (sem custos).

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação. Os gráficos são idênticos já que o cenário de mercado não foi alterado. A borboleta obteve resultado de 1,0821, a trava de alta obteve resultado de 1,0277 e o condor obteve um resultado de 1,0433.

Na Tabela 26 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Omega no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais.

Tabela 26 – Resumo dos Resultados da Função Omega no Estudo de Caso 2 sem custos operacionais

Estudo de Caso 2 – sem custos	Função Omega
Carteira Ótima	2.478,1100
Carteira Borboleta	1,0821
Carteira Trava de Alta	1,0277
Carteira Condor	1,0433

6.2.3

Estudo de Caso 2 – Com custos operacionais

O mesmo cenário de mercado do estudo de caso 2 (Tabela 17) foi utilizado para otimizar a carteira considerando agora os custos de compra e venda das opções e do ativo e os custos de exercício e ajustes de posição, que tem que ser feitos no vencimento da carteira para que ela seja encerrada. Foi considerado um

custo médio de 0,10% do volume financeiro operado de corretagem (0,075%) e emolumentos (0,025%) somados.

6.2.3.1

Função Probabilidade Máxima

A carteira representada pelas opções da Tabela 27 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Probabilidade Máxima, com valor de 0,9868 na função-objetivo, levando em consideração os custos operacionais. A Figura 45 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que a carteira obtém um lucro levemente acima do CDI durante quase toda a sua extensão, vindo a obter prejuízo somente com o ativo a preços acima de R\$48,00 na data de vencimento da operação.

Tabela 27 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Probabilidade Máxima (com custos)

Melhor Resultado: Função objetivo=0,9868

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
48,00	CALL	V	10
	ATIVO	-	0

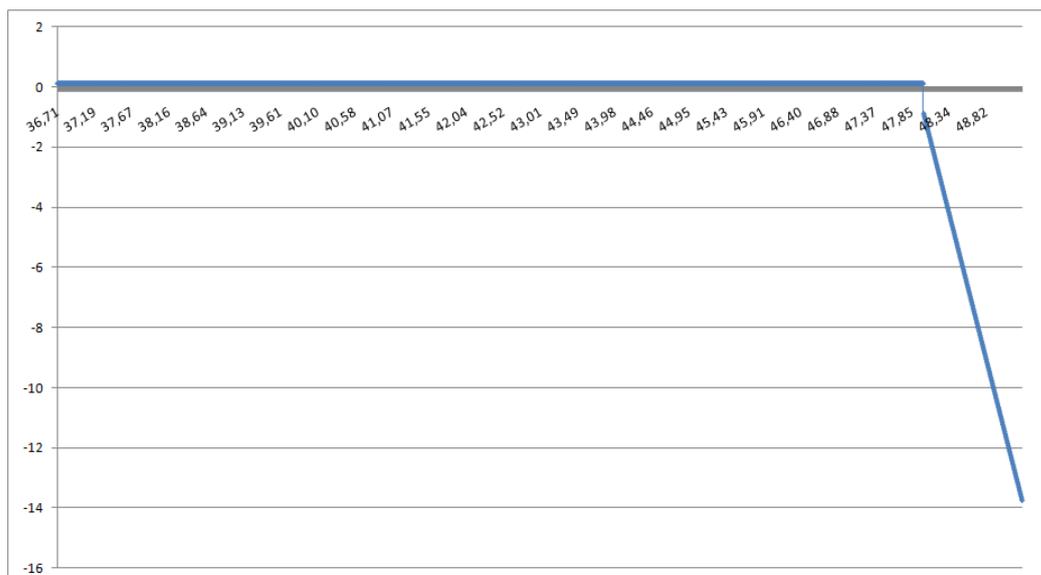


Figura 45 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Probabilidade Máxima no estudo de caso 2 (com custos).

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação considerando os custos operacionais citados. A borboleta obteve resultado de 0,5001, a trava de alta obteve resultado de 0,7605 e o condor obteve um resultado de 0,7032.

Na Tabela 28 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 2 com custos operacionais.

Tabela 28 – Resumo dos Resultados da Função Probabilidade Máxima no Estudo de Caso 2 com custos operacionais

Estudo de Caso 2 – com custos	Função Probabilidade Máxima
Carteira Ótima	0,9868
Carteira Borboleta	0,5001
Carteira Trava de Alta	0,7605
Carteira Condor	0,7032

6.2.3.2

Função Área Total

A carteira representada pelas opções da Tabela 29 foi a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Área Total, com valor de 83,4765 na função-objetivo levando em conta os custos operacionais. A Figura 46 é a representação gráfica do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que na área do gráfico, entre R\$40,00 e R\$48,00, preços com maior probabilidade de se realizar no vencimento, a carteira obtém lucro levemente acima do CDI. Para valores do ativo abaixo de R\$40,00 a carteira obtém grandes lucros e para valores acima de R\$48,00 a carteira obtém grandes prejuízos.

Tabela 29 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Área Total (com custos)

Melhor Resultado: Função objetivo=83,4765

Decodificacao do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
40,00	PUT	C	2
48,00	CALL	V	9
	ATIVO	-	0

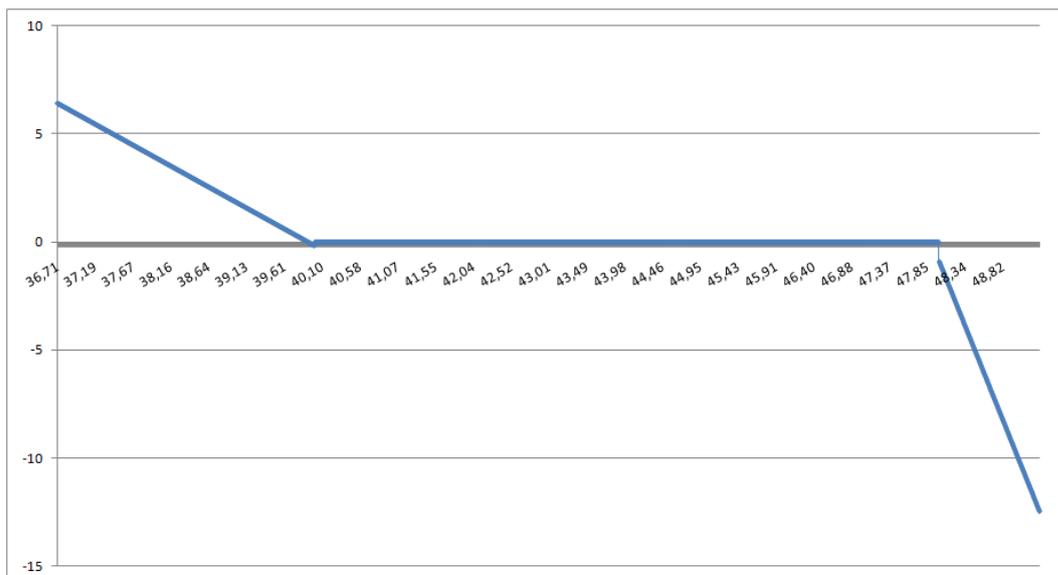


Figura 46 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Área Total no estudo de caso 2 (com custos).

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação considerando os custos operacionais citados. A borboleta obteve resultado de 0,1890, a trava de alta obteve resultado de 0,6966 e o condor obteve um resultado de 0,2352.

Na Tabela 30 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Área Total no Estudo de Caso 2 com custos operacionais.

Tabela 30 – Resumo dos Resultados da Função Área Total no Estudo de Caso 2 com custos operacionais

Estudo de Caso 2 – com custos	Função Área Total
Carteira Ótima	83,4765
Carteira Borboleta	0,1890
Carteira Trava de Alta	0,6966
Carteira Condor	0,2352

6.2.3.3

Função Omega

A carteira representada pelas opções da Tabela 31 a carteira que obteve melhor resultado na otimização usando a Função Omega, com valor de 1,9782 na função-objetivo com custos operacionais. A Figura 47 é a representação gráfica

do *payoff* da carteira no vencimento, dentro dos limites de oscilação. A reta que representa o zero no Eixo Y é o RMA. Nesta figura vemos que na área do gráfico, entre R\$39,00 e R\$48,10, preços com maior probabilidade de se realizar no vencimento, a carteira obtém lucro levemente acima do CDI. Para valores do ativo abaixo de R\$39,00 a carteira obtém grandes lucros e para valores acima de R\$48,10 a carteira obtém grandes prejuízos.

Tabela 31 – Decodificação do Cromossoma da Carteira otimizada pela Função Omega (com custos)

Melhor Resultado: Função objetivo=1,9782

Decodificação do Cromossoma			
strikes	call/put	Posição	Quantidade
39,00	PUT	C	7
39,00	PUT	C	5
39,00	PUT	C	3
48,00	CALL	V	10
48,00	CALL	V	5
	ATIVO	-	0

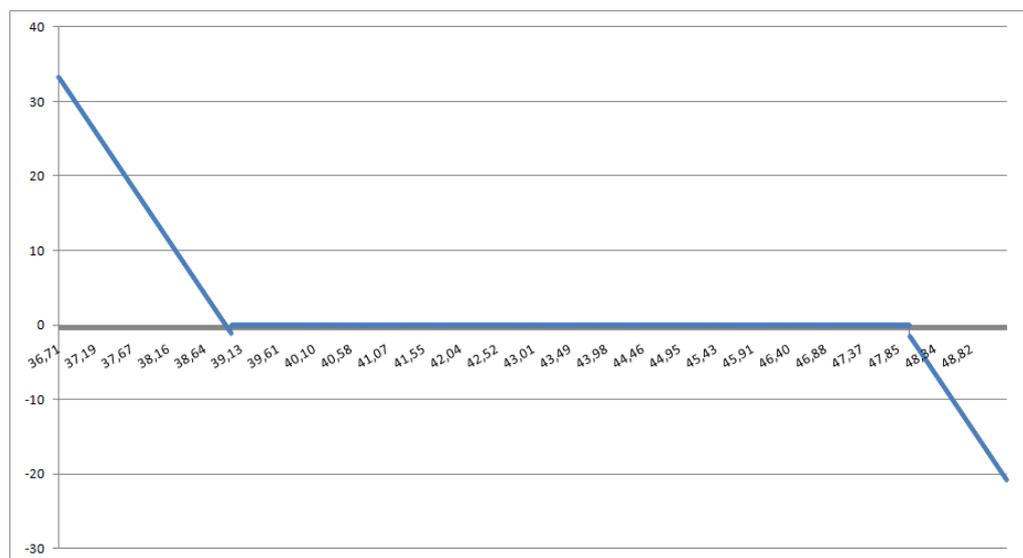


Figura 47 – Representação gráfica da carteira otimizada pela função Omega no estudo de caso 2 (com custos).

As mesmas três estratégias/carteiras comuns de mercado foram testadas com essa função de avaliação considerando os custos operacionais citados. A borboleta obteve resultado de 0,8386, a trava de alta obteve resultado de 0,6753 e o condor obteve um resultado de 0,6537.

Na Tabela 32 pode-se observar o resumo dos resultados para a Função Omega no Estudo de Caso 2 com custos operacionais.

Tabela 32 – Resumo dos Resultados da Função Omega no Estudo de Caso 2 com custos operacionais

Estudo de Caso 2 – sem custos	Função Omega
Carteira Ótima	1,9782
Carteira Borboleta	0,8386
Carteira Trava de Alta	0,6753
Carteira Condor	0,6537

6.2.4

Resumo dos Resultados

A Tabela 33 abaixo mostra uma comparação dos resultados para a carteira otimizada em relação às estratégias comuns de mercado para cada função de avaliação nos dois estudos de caso apresentados. Vemos que a carteira otimizada foi muito superior que as carteiras com estratégias comuns de mercado em ambos os cenários, com custos e sem custos operacionais.

Pode-se ver, principalmente nos resultados da Função Omega, que os custos realmente fazem uma grande diferença no resultado da otimização. Decidiu-se inicialmente testar as carteiras sem custos operacionais para avaliar o modelo teórico, já que os custos podem variar muito de investidor para investidor, porém após a obtenção de alguns resultados altíssimos e fora do comum, resolveu-se incorporar tais custos. Os custos de emolumentos são fixos para todos, porém a corretagem varia muito e alguns fundos conseguem até 98% de desconto no valor da corretagem, viabilizando diversas estratégias com baixos prêmios.

Cada otimização foi feita com uma população de 10 cromossomas sendo evoluídos por 5.000 ciclos. Essa tarefa durou cerca de três horas no Excel em um computador Intel Duo Core com 2gb de memória Ram. No Apêndice 5 podem ser vistos as curvas de evolução da otimização das carteiras para o Estudo de Caso 2 com custos operacionais. Caso seja feita em alguma linguagem de programação mais sofisticada e robusta a otimização poderá levar um quarto do tempo, viabilizando sua utilização por profissionais de mercado.

Tabela 33 – Comparação dos Resultados

Estudo de Caso 1 Sem Custos	Função Probabilidade Máxima	Função Área Total	Função Omega
Carteira Otimizada	0,9954	126,0847	2.903,2600
Carteira Borboleta	0,4857	0,2560	1,0847
Carteira Trava de Alta	0,7350	1,1686	1,0504
Carteira Condor	0,6378	0,3501	1,0281

Estudo de Caso 2 Sem Custos	Função Probabilidade Máxima	Função Área Total	Função Omega
Carteira Otimizada	0,9530	109,8755	2.478,1100
Carteira Borboleta	0,5537	0,2761	1,0821
Carteira Trava de Alta	0,7724	1,0876	1,0277
Carteira Condor	0,7317	0,4089	1,0433

Estudo de Caso 2 Com Custos	Função Probabilidade Máxima	Função Área Total	Função Omega
Carteira Otimizada	0,9868	83,4765	1,9782
Carteira Borboleta	0,5001	0,1890	0,8386
Carteira Trava de Alta	0,7605	0,6966	0,6753
Carteira Condor	0,7032	0,2352	0,6537